

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年6月30日現在

機関番号：82706

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2008～2011

課題番号：20340158

研究課題名（和文） クロマイトによる島弧初生マグマのオスミウム同位体比の決定とスラブ物質の寄与の見積

研究課題名（英文） Determination of the Os isotopic compositions of primary arc magma using chromite and estimation of slab components contribution

研究代表者：

鈴木 勝彦 (SUZUKI KATSUHIKO)

独立行政法人海洋研究開発機構・地球内部ダイナミクス領域・チームリーダー

研究者番号：70251329

研究成果の概要（和文）：

島弧火山岩のオスミウム(Os)同位体は沈み込むスラブからの物質のリサイクルを検証するトレーサーとして非常に有効である。本研究では、島弧火山岩からマグマの分別初期に結晶化するクロマイトを浜砂あるいは火山岩自身から分離し、その Os 同位体を分析して、始源的島弧マグマの Os 同位体組成を決めた。クロマイトと全岩の Os 同位体比を比較し、スラブ物質からの Os と地殻の同化による Os を区別し、スラブからの寄与の割合、地殻同化作用の割合を定量的に示した。また、Os の挙動から、沈み込み帯の進化に伴ってウェッジマントルが酸化されていく過程を明らかにした。

研究成果の概要（英文）

Significant contrast in Os isotopic compositions between mantle and crust allow us to estimate recycled component from subducted slab quantitatively based on the Os isotopic compositions of arc volcanic rocks. However, crustal assimilation during magma ascent possibly masks the original Os isotopic compositions of primary magma. Here we analyze Os in chromites separated from beach sands or whole rocks themselves to determine the Os isotopic compositions of primary magma. Chromite is crystallized in the early stage of magma evolution, and most likely provides information on the chemical compositions of primary magma. We could clearly distinguish the Os from subducted slab and that assimilated during magma ascent. Also, The obtained results showed the oxidation processes of wedge mantle in arc evolution.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	3,800,000	1,140,000	4,940,000
2009 年度	4,000,000	1,200,000	5,200,000
2010 年度	4,100,000	1,230,000	5,330,000
2011 年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度			
総計	13,100,000	3,930,000	17,030,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・地球宇宙化学

キーワード：地殻・マントル化学, 沈み込み帯

1. 研究開始当初の背景

マントルと地殻とのオスミウム(Os)同位体比のコントラストは非常に大きいため、島弧火山岩の Os 同位体は沈み込むスラブからの物質のリサイクルを検証するトレーサーとし

て非常に有効である。

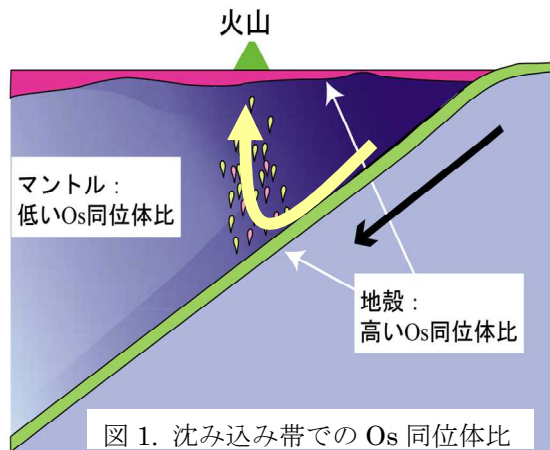


図 1. 沈み込み帯での Os 同位体比

しかしながら、マグマ上昇過程での地殻物質の同化作用によって初生マグマの Os 同位体はマスクされてしまう可能性を排除できず、2004 年を境に島弧火山岩の Os 同位体の報告は影を潜めた。そこで、本研究では、**マグマの分別過程の初期に結晶化し、Os が濃集するクロマイトを火山岩から分離し、その Os 同位体を分析することで、始源的島弧マグマの Os 同位体組成を決め、さらにそのデータを用いて、スラブからの物質移動を議論することを計画した。**



図 2. マグマ上昇時の地殻の同化作用

2. 研究の目的

初生マグマの Os がマグマの分別過程の初期に晶出するクロムスピネルに入ることを利用して、火山岩が風化して溜まった浜砂から、あるいは火山岩そのものからクロマイトを分離し、その Os 同位体を分析することにより、始源的な島弧マグマの同位体比を決める。クロマイトは、**マグマの分化過程の非常に初期に晶出する鉱物なので、地殻の同化作用による影響はほとんどない。**この点が非常に重要で、火山岩全岩の Os 同位体比とクロマイトの Os 同位体比の差が、マグマ上昇過程で受けた地殻の同化作用による Os 同位体比の変化である。

以上のことを踏まえ、**本研究では日本列島**

とその周辺の島弧火山岩からクロマイトを分離し、その Os 同位体組成を分析した。それによって、日本島弧とその周辺の始源的マグマの Os 同位体比が正確に求まる。得られたデータを用いて、スラブ物質から島弧マグマに寄与する例と寄与しない例を明確にし、それをコントロールする要素を明らかにする。これらの作業により、スラブ物質の島弧マグマへのフラックスを正確に計算し、島弧での物質循環モデルを確立する。

3. 研究の方法

(1) 島弧火山岩の採取：

火山岩から分離可能な量、サイズのクロマイトが見られる、小笠原諸島、グアム、小豆島、沖縄久米島、北海道利尻島で、分析対象とする火山岩を採取した。存在度の低いクロマイトを火山岩から取り出すには、場合によっては大量の火山岩を必要とする。できる限り、調査日程の余裕、運搬の都合を考えると、海外を対象とするより、国内の火山岩を対象とする方が効果は大きい。

(2) 火山岩・クロマイトの記載、クロマイトの分離：

クロマイトを対象とするには、以下の問題がある。オリビン中に比較的クロマイトを多く含むのは未分化の火山岩であり、かなり限られている。その上、火山岩中のクロマイトは通常サイズが小さく(数 μm から数十 μm)、分離作業に非常に手間がかかった。もちろん、島弧火山岩の岩石学に通じた共同研究者と強く連携しながら、対象とする火山と試料採取地域を慎重に選んだ。また、できる限り、大量の(数 10kg)の試料を採取した。小笠原諸島調査当時は、岩石採取が可能であったが、世界遺産となった現在では、岩石採取が実質不可能なので、調査時に十分な岩石を採取できたことは幸運であった。採取した岩石は、カッターで適当な大きさに切り、ジョークラッシャーで破碎した後に、塩抜きを行い、まずはカンラン石を分離した。そのカンラン石を破碎して、マグネチックセパレーターで、クロマイトを粗分離した。さらにハンドピック、あるいは酸処理をした後のハンドピックで、クロマイトの純度を上げた。この作業は、場合によっては、外注によって行い、研究者の負担を軽減した。一方、小笠原諸島、グアムで採取した浜砂に関しては、マグネチックセパレーターで粗分離後、ハンドピックを行った。分離したクロマイトは、分離状態に応じて、Re, Os 分析前にフッ酸処理を行った。クロマイトのサイズが小さすぎて、分離が困難だったケース(久米島)については、カンラン石を分析した。

(3) Re, Os 濃度, Os 同位体分析:

Re/Os 比が非常に低いクロマイト(Re/Os は約 0.01)は、年代による ^{187}Re からの ^{187}Os の成長が遅く、一般的な島弧火山岩の年代では、年代補正はほとんど必要ない。重要なのは、微量のクロマイト試料の Os 同位体比をいかに高感度、高精度で測定するかであった。本研究では、すでに我々が開発し、改良した来た方法を基本にして、さらに Os, Re ブランクを下げる工夫をして、良好な Re, Os 濃度、および Os 同位体比データを得た。

4. 研究成果

現在までの成果を、対象の地域別に記す。瀬戸内の小豆島、沖縄久米島、小笠原諸島、グアム島、利尻島から始源的な火山岩を採取し、小豆島、久米島、小笠原諸島、グアム島についてはクロマイトを分離し、利尻島についてはクロマイトを含むカンラン石を分離して、その Re, Os 濃度, Os 同位体のデータを得た。

(1) 小笠原の浜砂:

小笠原諸島で採取した浜砂から分離したクロマイトの Os 同位体から、ボニナイトには沈み込むスラブの Os の寄与がないこと、ボニナイトの後に噴出した向島のソレアイトにスラブを起源とする Os が存在することを初めて証明し、論文を Geology 誌に投稿した。図に、クロムスピネルの Os を分析した結果を示す。サンプルは、小笠原諸島の主にボニナイト(高マグネシウム安山岩の一種)からなる父島、嫁島、およびソレアイトからなる向島で採取したものである。嫁島、父島のクロマイトの Os 同位体比は、小笠原諸島の前弧域の掘削試料中で見つかったかんらん岩の同位体比と一致し、前弧域のマントルを起源とすることを示唆する。一方で非常に重要なのは、**向島のソレア**

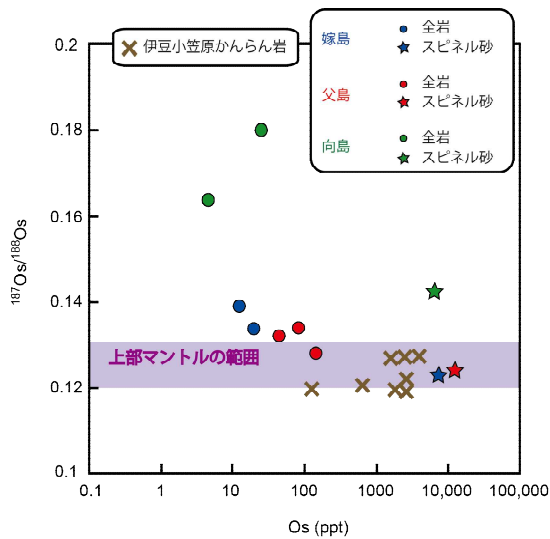


図 3. 小笠原諸島の火山岩全岩と浜砂クロマイトの Os 濃度, 同位体比

イトのクロマイトの Os 同位体比が DMM の値より遙かに高いことである。同化作用の可能性を排除できるため、**島弧マグマ中に沈み込むスラブからリサイクルした Os を間違いなく見いだした初めての例**といえる。また、ボニナイトには沈み込むスラブの Os の寄与が無く、一方、向島のソレアイトにはスラブからの Os が見られたということは、次のことを示唆する。ボニナイトが生成するステージでは、沈み込みの開始間もない環境下、ウェッジマントルは酸化的な沈み込み物質の影響を受けず、還元的环境を保っていたために Os が沈み込むスラブから移動しなかったことを示す。一方、ソレアイトで構成される向島の浜砂のクロマイトは、高い同位体比を示し、明らかにスラブからの Os の寄与が認められた。これは、**沈み込みが続いて、ウェッジマントルが徐々に酸化され、Os が移動するのに十分な酸化度であった**ことを示唆する。沈み込み帯のマントルの酸化還元度は、論文の発表が相次ぐホットなテーマである。本研究の結果は、ウェッジマントルの酸化度の変化を制約した成果として Geology 誌の注目論文として取り上げられた。

(2) 小笠原の火山岩:

小笠原の火山岩自身から分離したクロマイトに関しても、(1)と調和的な結果が得られた。この結果は、ボニナイトに関わった枯渇したマントルの性質と、向島マグマ生成に参与したスラブ物質を制約し、現在論文投稿中である。

(3) 利尻島:

利尻島のクロマイトは微小すぎて分離が困難であったため、クロマイトを含むカンラン石を分析し、データを得た。現在、全岩のデータと比較して、論文を作成中である。

(4) 小豆島:

小豆島から採取した数 10kg の玄武岩、高 Mg

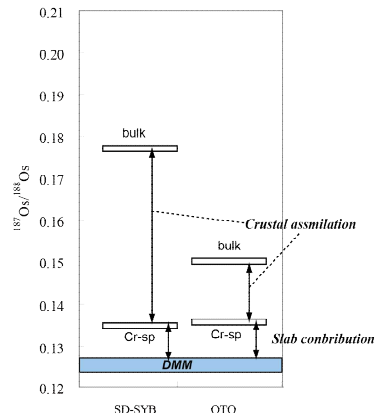


図 4. 小豆島の火山岩全岩と分離したクロマイトの Os 濃度, 同位体比

安山岩から分離したクロマイトに関して、明らかなスラブからの寄与を示すデータを得た。現在論文作成中である。

(5) 久米島:

沖縄列島久米島のピクライトから分離したCr-spinelについてもスラブからの物質移動を示す特徴が見られているが、データの解釈がまだ不十分であり、議論を継続中である。

現在各地域それぞれの結果について論文化を行っているが、それと並行して、沈み込み帯にすべて通用する包括的なモデルの構築を目指している。また、今回得られた知見を基に、海洋島玄武岩、大陸で噴出した玄武岩にも応用し、始源的なマグマの同位体とマグマ上昇に伴う地殻の同化作用の定量化を行っている。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 42 件)

- ① T. Nozaki, K. Suzuki, G. Ravizza, J.-I. Kimura, Q. Chang (2012) A method for rapid determination of Re and Os isotope compositions using ID-MC-ICP-MS combined with the sparging method *Geost. Geoanal. Res.*, in press. (査読有)
- ② M. L. G. Tejada, G. Ravizza, K. Suzuki, F. S. Paquay (2012) Platinum Group Element Signature of OAE1a: No Evidence of a Bolide Trigger for the Ontong Java Plateau. *Scientific Reports*, 2, 268. (査読有)
- ③ G. Zheng, K. Suzuki*, Y. Miyata, H. Shimizu (2012) Osmium concentrations and 187Os/188Os ratios of three sediment reference samples issued by the Geological Survey of Japan, *Geochem. J.*, 46, 143-149. (査読有)
- ④ X. Niu, B. Chen, A.-K. Liu, K. Suzuki, X. Ma, Petrological and Sr-Nd-Os isotopic constraints on the origin of the Fanshan ultrapotassic complex from the North China Craton, *Lithos*, in press, doi:10.1016/j.lithos.2012.05.017. (査読有)
- ⑤ 後藤 孝介, 野崎 達生, 鈴木 勝彦, 常青, 木村 純一 (2012) ドリルを用いた微小サンプリングと酸分解に伴う Re-Os ブランク: Fe-Mn クラストの Os 同位体比層序に向けて, JAMSTEC-R, in press. (査読有)
- ⑥ Y. Kato, K. Fujinaga, K. Suzuki (2011) Marine Os isotopic fluctuations in the early Eocene greenhouse interval as recorded by metalliferous umbers from a Tertiary ophiolite in Japan. *Gondwana Research*, 20, 594-607. (査読有)
- ⑦ Y. Yamagishi, K. Suzuki, H. Tamura, H. Yanaka, S. Tsuboi (2011) Visualization of geochemical data of rocks on Google Earth: Development of data converter tool for petrological and isotopic dataset. *Geochemistry Geophysics Geosystem*, 12, Q03016. (査読有)
- ⑧ J. Kuroda, M. Tanimizu, R.S. Hori, K. Suzuki, N.O. Ogawa, M.L.G. Tejada, M.F. Coffin, R. Coccioni and N. Ohkouchi (2011) Lead isotopic record of Barremian-Aptian marine sediments: implications for large igneous provinces and the Aptian climatic crisis. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 307, 126-134. (査読有)
- ⑨ S. Kato, S. Kikuchi, T. Kashiwabara, Y. Takahashi, K. Suzuki, T. Itoh, M. Ohkuma, A. Yamagishi (2011) Prokaryotic abundance and community composition in a freshwater iron-rich microbial mat at circumneutral pH. *Geomicrobiology Journal*, in press. (査読有)
- ⑩ G. S.-K. Ma, J. Malpas, C. Xenophontos, K. Suzuki, C.-H. Lo (2011) Early Cretaceous volcanism of the Coastal Ranges, NW Syria: crustal contamination and magma genesis, *Lithos*, 126, 290-306. (査読有)
- ⑪ T. Hirose, S. Kawagucci, K. Suzuki (2011) Mechanoradical H₂ generation and its implication for earthquake-driven dark energy biosphere. *Geophys. Res. Lett.*, 38, L17303. (査読有)
- ⑫ W. Tian, B. Chen, TR. Ireland, D.H. Green, K. Suzuki, Z. Chu (2011) Petrology and geochemistry of dunites, chromitites and mineral inclusions from the Gaositai Alaskan-type complex, North China Craton: Implications for mantle source characteristics, *Lithos*, 127, 165-175. (査読有)
- ⑬ Y. Sekine, K. Suzuki, R. Senda, E. Tajika, R. Tada, K. Goto, S. Yamamoto, N. Ohkouchi, N. O. Ogawa, (2011) Osmium evidence for correlation between the rise of oxygen and Paleoproterozoic glaciations, *Nat. Commun.* 2:502/doi: 10.1038/ncomms1507. (査読有)
- ⑭ K. Shimizu, Q. Chang, K. Nakamura (2011) Flux-Free Fusion of Silicate Rock Preceding Acid Digestion for ICP-MS Bulk Analysis. *Geostandards and Geoanalytical Research*, 35, 45-55. (査読有)
- ⑮ K. Suzuki, R. Senda, K. Shimizu (2011) Osmium behavior in a subduction system elucidated from Chromian-spinel sands from Bonin island beaches, *Geology*, 39, 999-1002. (査読有)
- ⑯ T. Hanyu, Y. Tatsumi, R. Senda, T. Miyazaki, Qing Chang, Y. Hirahara, T. Takahashi, H. Kawabata, K. Suzuki, J. Kimura, S. Nakai (2011) Geochemical characteristics and origin of the HIMU endmember: A possible mantle plume source in the lower mantle, *Geochem.*

- ⑰ *Geophys. Geosys.* **12**, Q0AC09. (査読有)
T. Nozaki, Y. Kato, K. Suzuki (2010)
Re-Os geochronology of the Iimori
Besshi-type massive sulfide deposit in the
Sanbagawa Belt, Japan, *Geochim.
Cosmochim. Acta*, **74**, 4322–4331. (査読
有)
- ⑱ S. Turner, M. Handler, I. Bindeman, K.
Suzuki(2009) New insights into the origin
of O-Hf-Os isotope signatures in arcs lavas
from Tonga-Kermadec. *Chem. Geol.*, **266**,
3-4, 196-202. (査読有)

[学会発表] (計 32 件)

- ① R. Senda, K. Shimizu, and K. Suzuki,
Differences between boninite and tholeiite
primary magmas in Izu-Bonin-Mariana arc:
constraints from an Os isotope perspective,
2010 AGU Fall Meeting, 12/13/2010, San
Francisco
- ② R. Senda, K. Suzuki, K. Shimizu and R.
Shinjo, Evolution of Picritic Basalts in Arc
Settings: Implication from Os Isotopes of
Cr-Spinel and Whole-Rocks from Kume-Jima,
Central Ryukyu Arc, Goldschmidt
conference 2009, 6/26/2009, Davos
- ③ 鈴木勝彦, 仙田量子, 清水健二, 巽好幸,
瀬戸内火山帯小豆島の高 Mg 安山岩と玄
武岩の Os 同位体比: スラブからのリサイ
クルと地殻の同化作用, 地球惑星科学関
連学会 2009 年連合大会, 5/19/2009, 幕張
- ④ K. Suzuki, R. Senda, K. Shimizu and Y.
Tatsumi, Os isotopic compositions of
primitive magma of high-Mg andesite in the
Setouchi volcanic belt. Goldschmidt 2008,
7/15/2008, Vancouver
- ⑤ K. Suzuki, R. Senda and K. Shimizu,
Contrasting Os isotopic compositions
between Cr-spinels of boninites and tholeiites
in Izu-Bonin arc: implications for
contribution of ancient depleted mantle and
slab-derived component to arc magma. AOGS
Annual General Meeting, 6/16/2008, 釜山

[図書] (計 1 件)

- ① 鈴木勝彦 (2010) 4.7 章 質量分析(固
体元素). 地球化学講座第 8 巻「地球
化学実験法」, 培風館, 170-184, 総
ページ数 332.

6. 研究組織

(1)研究代表者:

鈴木 勝彦 (SUZUKI KATSUHIKO)
独立行政法人海洋研究開発機構・地球内部
ダイナミクス領域・チームリーダー
研究者番号: 70251329

(2)研究分担者

仙田 量子 (SENDA RYOKO)
独立行政法人海洋研究開発機構・地球内部

ダイナミクス領域・技術研究副主任
研究者番号: 50377991

清水 健二 (SIMIZU KENJI)
独立行政法人海洋研究開発機構・地球内部
ダイナミクス領域・研究員
研究者番号: 30420491

(3)連携研究者

田村 芳彦 (TAMURA YOSHIHIKO)
独立行政法人海洋研究開発機構・地球内部
ダイナミクス領域・チームリーダー
研究者番号: 40293336

宿野 浩司 (SHUKUNO HIROSHI)
独立行政法人海洋研究開発機構・地球内部
ダイナミクス領域・技術研究主任
研究者番号: 50359204

谷 健一郎 (TANI KENICHIRO)
独立行政法人海洋研究開発機構・地球内部
ダイナミクス領域・技術研究副主任
研究者番号: 70359206

巽 好幸 (TATSUMI YOSHIYUKI)
独立行政法人海洋研究開発機構・地球内部
ダイナミクス領域・プログラムディレク
ター
研究者番号: 40171722